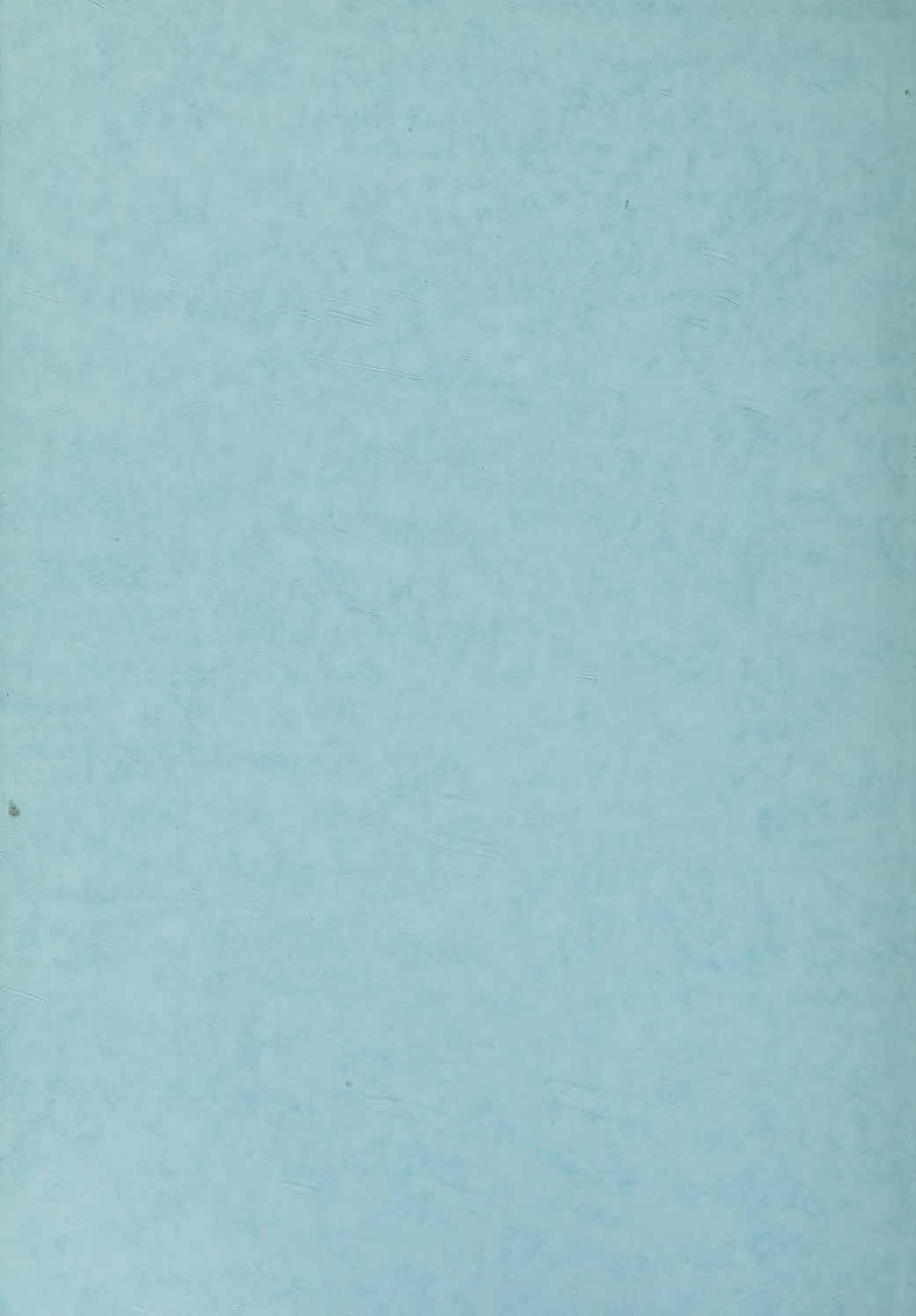


Häufiger Verletzungsmechanismus bei
Verkehrsunfällen und möglicher Unfallschutz
durch geeignete Autosicherheitsgurte

von

Peter Maass
aus Burg Stargard



Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen-Nürnberg

Direktor: Prof.Dr.med.G.Hegemann

Häufiger Verletzungsmechanismus bei Verkehrsunfällen und
möglicher Unfallschutz durch geeignete Autosicherheitsgurte

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

zu

Erlangen-Nürnberg

Vorgelegt von

Peter Maass

aus Burg Stargard

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg.



Dekan: Professor Dr. W.-D. Keidel

Referent : Professor Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 19. März 1965

Inhaltsverzeichnis

I. Teil: Häufiger Verletzungsmechanismus

bei Verkehrsunfällen

1. Allgemeines	4
2. Verletzungsmechanismus bei Pkw-Unfällen	9
3. Verletzungsmechanismus bei Motorradunfällen	23
4. Statistische Gegenüberstellungen von Auto- und Motorradunfällen	31
5. Zusammenfassung	32

II. Teil: Möglicher Unfallschutz durch geeignete Autosicherheitsgurte.

1. Einführung	34
2. Beurteilung einzelner Gurtarten	38
3. Erfahrungen mit dem Schulterschräggurt Unfallstatistik der Firma Klippan Eigene Beobachtung	42
4. Zusammenfassung	46
Literaturverzeichnis	47

I. Teil

Häufiger Verletzungsmechanismus bei Verkehrsunfällen

Allgemeines

Verletzungen durch Unfälle im Straßenverkehr werden von Jahr zu Jahr häufiger. Art, Lokalisation und Schwere der Verletzungen lassen oft unter Berücksichtigung des Unfallherganges und der Fahrzeugart auf gleichartige Entstehungsmechanismen schließen. Die Aufgabe der Arbeit besteht darin, aus dem Unfallkrankengut der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen die Entstehungsmechanismen häufiger Verletzungen bei Auto- und Motorradunfällen herauszufinden und zu untersuchen.

Die ersten Untersuchungen dieser Art gehen nach Angaben von VOLLMAR und BENZ auf BRETON und BLONDEAU 1937 zurück. Die Autoren berichten von einer sogenannten Armaturenbrettverletzung und verstanden darunter den Entstehungsmechanismus einer Luxationsfraktur des Hüftgelenkes bei Autofahrern durch Knieanprall. Sie wurde schon damals als typische Autofahrerverletzung erkannt. 1948 brachte WOODWARD (USA) auch Oberschenkelchaftbrüche bei Autofahrern in Verbindung mit einem vorausgegangenen Knieanprall.

In den letzten Jahren waren es besonders BAUER (1954), VOLLMAR (1957, 1960), BÜTTNER und FRIEDHOFF (1959), die sich mit der Entstehung und Typik von Auto- und Motorradfahrer-
verletzungen befaßten.

BAUER wies auf die Prädominanz der Schädelverletzungen bei Autounfällen sowie den hohen Prozentsatz der kombinierten Verletzungen und Mehrfachbrüche hin und stellte fest, daß gleiche Anlässe oft typische Verletzungsformen verursachen.

VOLLMAR beschäftigte sich in seinen Arbeiten vorwiegend mit dem Knieanprall und dessen Folgen bei Auto- und Motorradfahrern. Er unterscheidet zwischen Lokalverletzungen der Knieregion und Fernverletzungen des Oberschenkels und der Hüfte. Die primären Anprallverletzungen von Schädel, vorderer Thoraxwand und Knie stellt er bei Autofahrerverletzungen als typisch heraus. Die Motorradunfälle unterteilt VOLLMAR in Anprallphase und Sturzphase und bezeichnet auch hier die Verletzungen der Anprallphase als typisch, während sich die Verletzungen der Sturzphase durch "häufige Multiplizität und wahllose Symptomatik" auszeichnen würden. BÜTTNER und FRIEDHOFF (1959) befaßten sich besonders mit der Entstehung und Verhütung von Autofahrerverletzungen.

Reflexartig tritt der Kraftfahrzeuglenker auf sein Bremspedal, sobald plötzlich ein Hindernis die Fahrbahn versperrt. Das Fahrzeug wird dadurch innerhalb weniger Sekunden stark abgebremst oder es kommt durch Anprall am Weghindernis schlagartig zum Stehen. Aufgrund des Beharrungsvermögens (Trägheit: $K = m \times b$) jedoch bewegen sich die Insassen mit der gleichen Geschwindigkeit, die das Fahrzeug vorher hatte, weiter. Sobald das Fahrzeug zum Stehen kommt, schlägt der Insasse des Wagens auf die vorderen oder seitlichen Fahrzeugteile. Die kinetische Energie von Fahrzeug und Insassen wird schlagartig, innerhalb von Zehntel-Sekunden,

auf Null reduziert. Die durch Abbremsung und Anprall des Fahrzeuges auf das Hindernis auftretenden Verzögerungskräfte werden im Vielfachen der Erdbeschleunigung gemessen. Wie groß solche Verzögerungskräfte sein können, soll an einem Beispiel aus der Praxis gezeigt werden (Abb. 1 und 2): Am 23.4.1961 fuhr Herr K.B., 33 Jahre, mit seinem VW und einer Geschwindigkeit von über 80 km/h wegen Trunkenheit frontal gegen einen Chausseebaum. Nach Angaben der Polizei konnte man die Fahrspur ca. 150 m auf den Baum zu verfolgen. Für eine Bremsstätigkeit des Fahrers fand man keinen Hinweis. Durch den Chausseebaum wurde das Vorderteil etwa 50 cm in Richtung Fahrzeuginnenraum eingestaucht. Die Endgeschwindigkeit des Fahrzeuges wurde so schlagartig von 80 km/h auf 0 herabgedrückt. Die Bremsstrecke konnte in diesem Fall der Deformierung des Wagens gleichgesetzt werden. Die wirksamen Verzögerungskräfte lassen sich nun als Funktion von Geschwindigkeit im Quadrat und Bremsweg berechnen.

$$\begin{array}{ccc} b = \frac{v}{t} & \text{-----} & s = \frac{b \cdot t^2}{2} & g = \frac{9,81 \text{ m}}{\text{sec}^2} \\ \text{Beschleunigung} & & \text{Bremsweg} & \text{Erdbeschleunigung} \end{array}$$

$$b = \frac{v^2}{2s} = \frac{22,2^2 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}^2}}{2 \times 0,5 \text{ m}} = 492,8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} = 50,3$$

Die Verzögerung beträgt also bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h und einer Deformierung (Abbremsung) von 50 cm das 50,3-fache der Erdbeschleunigung. Das bedeutet, daß die Verzögerungskraft dem 50,3-fachen des Eigengewichtes des Volkswagens entspricht. Bei einem Gesamtgewicht des Wagens mit Fahrer und Ladung von ca. 830 kg betrug sie in diesem Fall etwa 41 750 kg.

Abb. 1 Frontaler Aufprall
eines Pkw's auf einen Chaus-
seebaum bei etwa 80 km/h.
Tiefe Eintauchung des Vor-
derteils in Richtung Sitz-
raum.

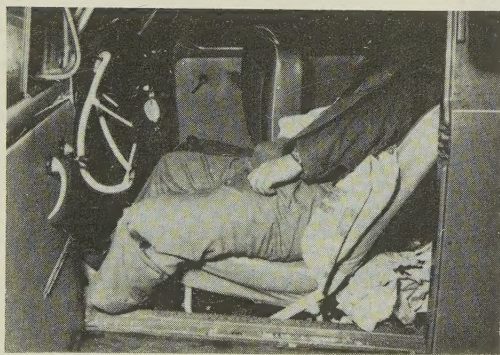
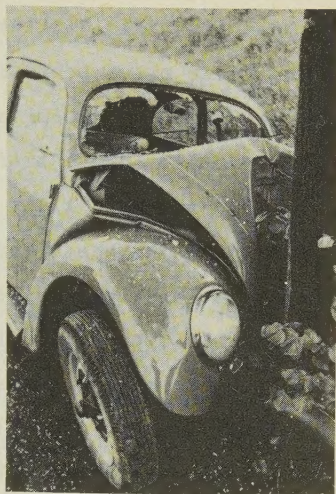


Abb. 2 Fahrersitz und Leiche des oben abgebildeten
Pkw's. Man sieht deutlich die hochgeschobene Lenk-
säule und das zertrümmerte Lenkrad sowie eine Anprall-
marke am linken Knie.

Herr K.B. wurde durch den Unfall getötet. Nach dem Leichenschaubefund des Gerichtsmedizinischen Instituts war der Tod Folge eines Schädelbasistraumas, das unter anderem zum Einriß einer Hirnbasisarterie führte und Ansaugung von Mageninhalt in die tieferen Atemwege auslöste.

Relativ zur Anzahl der gesamten Verkehrsunfälle, die auf den bundesdeutschen Straßen laufend anwächst, gehen solch schwere Verkehrsunfälle zahlenmäßig zurück (vgl. Abb. 3). Das steht zweifellos mit der Zunahme der Verkehrsdichte auf unseren Straßen in sehr enger Beziehung. Folge davon ist wiederum, daß die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge ganz allgemein zwangsläufig herabgedrückt wird, so daß die schweren Verletzungen zahlenmäßig zurückgehen müssen.

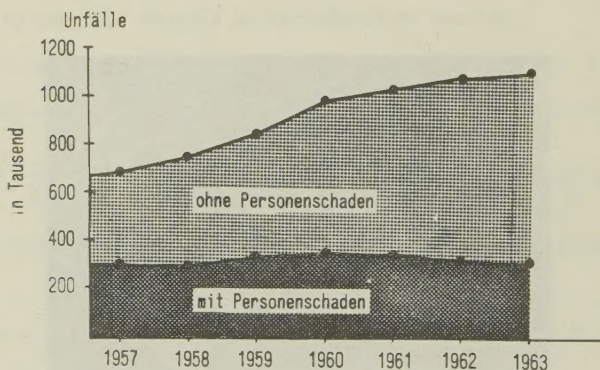


Abb. 3 Gegenüberstellung der Verkehrsunfälle mit und ohne Personenschaden im Bundesgebiet von 1957 - 1963 (zusammengestellt aus Angaben des Statistischen Bundesamtes in Wiesbaden).

Verletzungsmechanismus bei Pkw-Unfällen

Einleitend sei gesagt, daß die Untersuchungen der Auto- und Motorradunfälle vorwiegend auf folgenden Grundlagen beruhen: Wichtigster Anhaltspunkt war der Unfallhergang, zu dessen Aufklärung in einigen Fällen die Unterlagen der Stadt- und Landpolizei Erlangen und Lauf und des Instituts für Gerichtsmedizin und Kriminalistik Erlangen herangezogen wurden. Weitere Gesichtspunkte bei der Auswertung der Unfälle waren Häufigkeit, Art und Lokalisation der Verletzungen. Auf Grund dieser Anhaltspunkte wurde versucht, retrospektiv den Entstehungsmechanismus der Verletzungen zu rekonstruieren.

Fall 1

Unfallhergang: Ein DKW geriet am 2.9.1962 auf der Autobahn beim Überholversuch durch das plötzliche Ausscheren eines vor ihm fahrenden Pkw über den Grünstreifen auf die Gegenfahrbahn und stieß bei einer Geschwindigkeit von 110 km/h seitlich mit einem entgegenkommenden VW zusammen. Der DKW wurde bei diesem Zusammenstoß in Höhe des Rücksitzes vollständig getrennt. Das Vorderteil des VW wurde total zerkümmert und links etwa 50 cm in den Innenraum gedrückt.

Verletzungsbefunde im entgegenkommenden VW.

Fahrer: 1. Commotio cerebri, multiple Schnittwunden im Gesicht, perforierende Augenverletzung rechts, Glassplitter am Oberkörper und an beiden Händen.
2. Rippenreihenfraktur links 3-7.
3. Haematothorax links.
(1-3 Anprallverletzungen durch Aufschlagen auf Lenkrad und Windschutzscheibe).

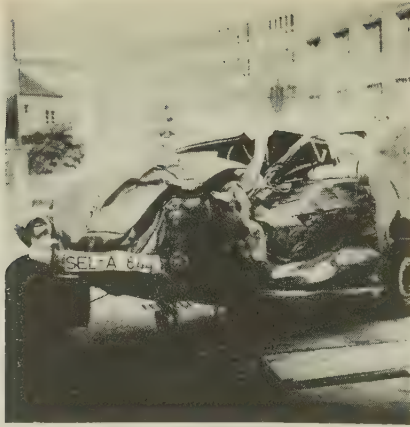


Abb. 4 (zu Fall 1): Sachschaden eines VW's, der von einem entgegenkommenden DKW seitlich gerammt wurde. Das linke Vorderteil einschließlich Rad ist etwa 50 cm bis unmittelbar an den Fahrersitz eingedrückt.



Abb. 5 (zu Fall 1): Vorder- und Hinterteil eines von einem VW seitlich erfaßten DKW's. (Geschwindigkeit etwa 110 km/h). Ein auf dem Rücksitz liegendes Kind wurde bei dem Zusammenstoß herausgeschleudert und erlitt nur leichte Weichteilverletzungen durch das Strauchwerk der Autobahnböschung.

4. Fraktur der Ulna des rechten Unterarmes im distalen Drittel, Luxation der Handwurzel nach dorsal.
(Stauchungsverletzung durch Anprall an Steuer-
rad beziehungsweise Armaturenbrett).
5. Oberschenkelquerfraktur links mit Heraussprengung eines größeren Schaftfragmentes, ferner Querfraktur des linken Oberschenkels unmittelbar subtrochanter.
(Knieranprallverletzungen mit Fernverletzung am Oberschenkel).
6. Trümmerfraktur beider Unterschenkelknochen links unterhalb Schaftmitte.
7. Knochenabsprengung aus der Basis des Metatarsale V des linken Fußes.
(6-7 Verletzungen durch Einkeilung des Unterschenkels zwischen eingedrückter Fußraumbwand und Fahrersitz).

1. Beifahrer: (Frontsitz)

1. Commotio cerebri.
2. 2 bis 3 cm lange Riß-Quetschwunde in der Glabella (Aufschlag auf das Armaturenbrett), multiple Klein- und Kleinstschnittwunden im Gesicht und an den Extremitäten.

Der Insasse wurde nach dem Anprall durch die geöffnete Tür in die Autobahnböschung geschleudert.

2. Beifahrer: (linker Rücksitz)

1. Rechter Oberschenkel: Stauchungsfraktur, Dislokation eines mittleren Schaftfragmentes

nach medial, Verkürzung um 2 Querfinger.

2. Hüftluxation links mit Heraussprengung eines Fragmentes aus der Hüftgelenkspfanne.

3. Großflächige Riß-Quetschwunde über dem rechten Knie mit Eröffnung des Gelenkes.

1. und 2. sind typische Fernverletzungen (Oberschenkel und Hüftregion) durch Knieanprall. Anprallzeichen konnten an beiden Knien nachgewiesen werden. Es handelte sich in diesem Fall um eine Beifahrerin, die die Oberschenkel verschränkt hatte (linker Oberschenkel über dem rechten). Sie befand sich nach dem Unfall zwischen Rücksitz und Vordersitz mit verschränkten Oberschenkeln eingeklemmt.

3. Beifahrer: (rechter Rücksitz)

1. 3 cm lange, tiefe Kopfplatzwunde über der linken Stirnseite an der Stirnhaargrenze, multiple Kleinschnittwunden am rechten Oberarm und an der rechten Schulter.

Die Beifahrerin flog nach dem Anprall von hinten über den Vordersitz an die Windschutzscheibe.

2. Oberschenkelfraktur links im oberen Drittel. (Knieanprallverletzung: Anprallmarken an Strümpfen und an der Rücklehne des Vordersitzes).

4. Beifahrer: (Rücksitz Mitte, 3 1/2-jähriges Kind)

1. Commotio cerebri, 20 cm lange, ausgedehnte Stirn-Scheitelplatzwunde.

2. Ober- und Unterschenkelfraktur links.

Das Kind ist vermutlich mit der linken Körperhälfte an Rücklehne und Sitz des Fahrers geprallt. Es lag nach dem Zusammenstoß auf dem Kardantunnel zwischen beiden Vordersitzen.

Fall 2

Unfallhergang: Am 9.8.1962 kam ein Pkw (Goggomobil) ins Schleudern und fuhr frontal auf einen entgegenkommenden Lastkraftwagen. In dem Pkw befand sich nur der Fahrer.

Verletzungsbefund:

1. Commotio cerebri, Impressionsfraktur des linken Jochbeins, 3 cm lange Schnittwunde und multiple Schnittverletzungen praeauriculär links und am Hals.
2. Nasenbeinfraktur.
3. Thoraximpression mit Rippenserienfraktur links und Fraktur der 1. Rippe rechts. Lungencontusion mit fleckiger Verschattung, quere zweizeitige Aortenruptur mit gedecktem, pulsierendem Aneurysma.
4. Offene Fraktur des 4. Mittelhandknochens.
5. Kniescheibentrümmerbruch links mit Prolaps von Sehnen und Knochentrümmern.
6. Hüftgelenksluxation links mit Fraktur der Hüftgelenkspfanne.
7. Offene Kniescheibenfraktur rechts.

Der Fahrer wurde nach dem Anprall aus dem Wagen geschleudert. Er verstarb nach etwa 10 Stunden an den Folgen der Aortenruptur. Die Obduktion ergab stumpfe Gewalteinwirkung von vorne als Ursache der Verletzungen. Die Typik der Verletzungen ließ auf Anprall an Lenkrad, Armaturenbrett und Windschutzscheibe und auf Knieanprall rückschließen.

Fall 3

Unfallhergang: Bei Regen und Glatteis auf dem Wege zur Arbeit stieß ein mit 2 Mann besetzter Pkw (Volkswagen) mit einem entgegenkommenden Pkw, der auf der linken Fahrbahnseite fuhr, frontal zusammen. Die Fahrzeuge erlitten Totalschaden.

Verletzungsbefund:

- Fahrer: 1. Commotio cerebri, Gelenkfortsatzfraktur des rechten Unterkieferastes. (Gesichtsanprall)
2. Trümmerfraktur des rechten Außenknöchels. (Pedalverletzung)
3. Weichteilverletzung des linken Unterschenkels. (durch eingedrückte vordere Karosserieteile).

Beifahrer: (Frontsitz)

1. Commotio cerebri, große, rißförmige Platzwunde über der rechten Stirnseite. (Gesichts-anprall)
2. Oberschenkelstückfraktur rechts. (Knieanprall)
3. Komplizierte Oberschenkelstückfraktur links. (Knieanprall)
4. Offene Zerreißung des linken Kniegelenkes mit Abriß des Kniescheibenrandes. (Knieanprall)
5. Schürf- und Rißwunden über dem linken Unterschenkel. (Armaturenbrettverletzung).

Aus dem Unfallkrankengut der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen wurden im Zeitraum von 1957 bis einschließlich 1962, 1011 nacheinander eingelieferte Verkehrsunfälle untersucht. An diesen Unfällen waren beteiligt: Personenkraftwagen (einschließlich Lkw), Motorräder (einschließlich Mopeds) und Fahrräder. Die prozentuale Verteilung der Gesamtunfälle auf die einzelnen Fahrzeuge ist aus Abb. 6 zu entnehmen. Die Fahrradunfälle wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

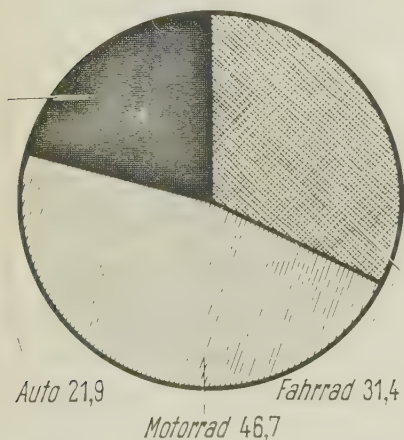


Abb. 6 Prozentuale Verteilung auf die einzelnen Fahrzeugarten bei 1011 Verkehrsunfällen.

Auswertung: Es ist zunächst festzustellen, daß ein hoher Prozentsatz aller Kraftfahrzeugunfälle durch frontale Kollision entsteht. Bei Autounfällen werden die auftretenden Aufprallkräfte zu einem großen Teil durch Deformierungs- und Zertrümmerungsarbeit am Fahrzeug (VOLLMAR 1957) selbst vernichtet. Der Teil der kinetischen Energie, der nicht durch Bremsarbeit, Deformierung oder Zertrümmerung am Fahr-

zeug vernichtet worden ist, wird unmittelbar am menschlichen Körper selbst zerstört und auf Null reduziert.

Als Entstehungsursache der Verletzungen lassen sich Anprall- und Schleuderverletzungen unterscheiden. Anprallverletzungen entstehen vorwiegend an den Knien, am Kopf und am Brustkorb. Die Schleuderverletzungen sind im Vergleich zu den Anprallverletzungen sehr viel seltener. Sie verursachen jedoch schwerere Verletzungen, da sie zumeist die Wirbelsäule und das Rückenmark betreffen.

Verletzungen durch den Knieanprall: Der Fahrzeuginsasse schlägt, gleichgültig ob bei frontaler Kollision oder seitlicher, (ausschlaggebend ist hier die Fahrtrichtung, bei seitlichen Kollisionen nur weniger stark) zunächst mit dem am weitesten hervorragenden Körperteil, den Knien, an die sich vor ihm befindlichen Fahrzeugteile (vgl. Abb. 7). Das sind für den Fahrer, wie auch für den Beifahrer das Armaturenbrett, für die im Fond des Wagens sitzenden Insassen, die Rücklehnen der vorderen Sitze. Je nach Stärke der Anprallwucht resultieren daraus folgende Verletzungen: Patellarfrakturen, Tibiakopffrakturen, Kniebänderrisse und Meniscus-schäden, supracondyläre Femurfrakturen, Stauchungsbrüche des Femur, die mit Schenkelhalsbrüchen und Luxationsfrakturen des Hüftgelenkes kombiniert sein können und als "Kombinationsverletzungen" bezeichnet werden. Auch die meisten Oberschenkelschaftbrüche kommen durch den Mechanismus des Knieanpralls zustande (RITCHEY, SCHONHOLTZ und THOMPSON 1958). Die Luxationsfraktur des Hüftgelenkes als Armaturenbrettverletzung wurde bereits von BRETON und BLONDEAU 1937 beschrieben.

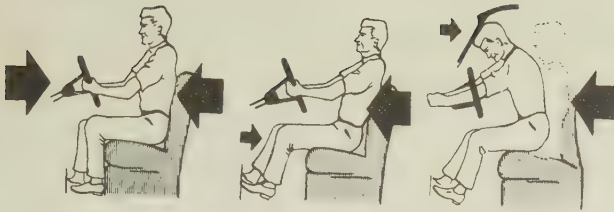


Abb. 7 a-c

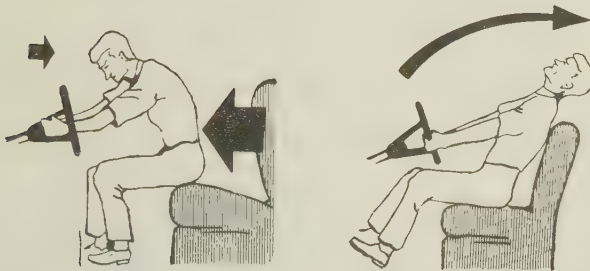


Abb. 7 d-e

Abb. 7 a-e. Bewegungsablauf der Autoinsassen in einzelnen Phasen beim frontalen Aufprall (in Anlehnung an GÖGLER 1962).

Im Hinblick auf die direkte Verletzungsursache kommen Lenksäule, hervorstehende Armaturenknöpfe, Zündschloß, Handbremsgriff, unter dem Armaturenbrett angebrachte Abstellflächen und Zierleisten in Frage. Bezüglich der Lokalisation der Verletzung der Knieregion ist die Abwinkelung des Oberschenkels gegen den Unterschenkel im Kniegelenk von Bedeutung. Ist der Unterschenkel gegen den Oberschenkel stark abgewinkelt, prominieren die Kniescheibe oder die Condylen des Femur. Kniescheibenfrakturen oder Knochenabsprengungen aus den Condylen können die Folge sein.

Bei Abwinkelung über 90 Grad ragt die Tuberositas tibiae am weitesten hervor, so daß hier Trümmerfrakturen des Tibiakopfes resultieren können.

Je nach Schwere und Art der Unfälle kommt es in vielen Fällen neben Lokalverletzungen gleichzeitig zu Fern- oder Kombinationsverletzungen. Die Kombinationsverletzungen sind für den Knieanprall bei Auto- und Motorradunfällen typisch und erfolgen meist in ganz charakteristischen Formen (VOLLMAR und BENZ 1960). Die Anprallkraft wird gleichsam vom Knie aufgenommen und auf den Oberschenkel und auf das Becken fortgeleitet. Es kommt dabei zu Stauchungsfrakturen

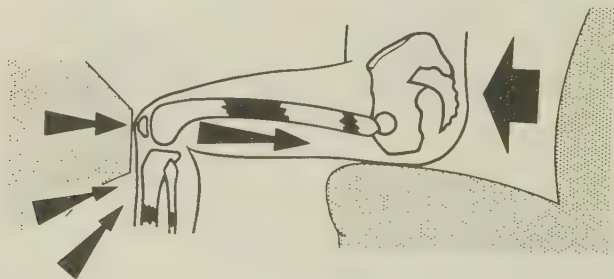


Abb. 8 Schematische Darstellung von Unfallmechanismus und Verletzungsbefunden (vgl. Fall 1, Fahrer). Trümmerbruch beider Unterschenkelknochen durch in den Sitzraum eingedrücktes linkes Vorderteil. Oberschenkelouerfraktur subtrochanter sowie Oberschenkelstückbruch im mittleren Drittel durch Knieanprall.

des Oberschenkels mit Aussprengung eines mittleren Schaftfragmentes, zu Oberschenkelhalsfrakturen und zur Luxation des Femurkopfes mit oder ohne Aussprengung eines Fragmentes aus der Gelenkfläche (vgl. Abb. 8, 9, 10 und Fall 1, 2 und 3)

bei gleichzeitigen Lokalverletzungen am Knie. Besonders bei Frauen kommt es häufiger zur Luxation im Hüftgelenk, da sie bevorzugt mit verschränkten Beinen sitzen. Der Femurkopf liegt dann nicht mehr vollständig in der Pfanne, sondern ist durch die Adduktion der Oberschenkel mehr oder weniger stark aus der Pfanne gedreht. Beim Mann dagegen resultiert in den meisten Fällen durch die Stauchung Stüchbruch des Femur mit oder ohne Frakturbeteiligung des Schenkelhalses (bevorzugte Sitzhaltung mit gespreizten Oberschenkeln).

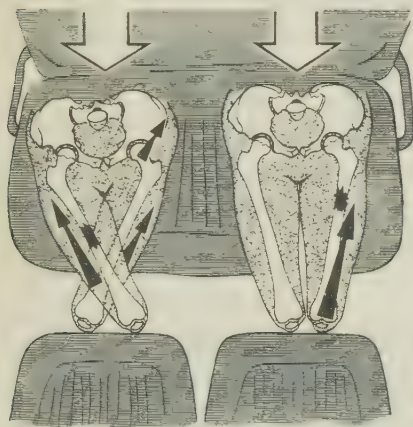


Abb. 9 Schematische Darstellung mit Knieanprallverletzungen der hinteren Fahrzeuginsassen (in Anlehnung an RITCHEY u.a.). Links im Bild: Verletzungsbefund des linken Beifahrers: Hüftluxation und Pfannendachfraktur links. Oberschenkelstüchbruch rechts. Rechts im Bild: Verletzungsbefund des rechten Beifahrers: Oberschenkelfraktur links im oberen Drittel. (zu Fall 1).

An den Füßen kommt es meist nur dann zu schwereren Verletzungen, wenn der Insasse den nahenden Zusammenstoß früh genug erfaßt und sich geistesgegenwärtig mit ganzer Energie auf seinem Kupplungs- und Bremspedal abzustützen versucht. Die häufigsten Verletzungen entstehen dann durch Abknickung und Einklemmung zwischen Brems- und Kupplungshebel und Lenksäule sowie durch Stauchung. Stützt sich der Insasse nicht

ab, oder ist die Aufprallwucht zu groß, so erfolgt in jedem Falle der Anprall mit der Knieeregion.

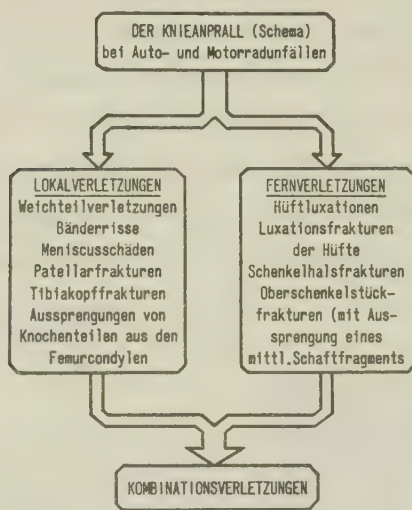


Abb. 10 Kombinationsverletzungen durch Knieanprall bei Auto- und Motorradunfällen.

Der Kopfanprall: Die Verletzungen des Schädels sind von allen Verletzungen am häufigsten (Prädominanz des Schädels, BAUER 1958). Sie betragen insgesamt 35 % aller Verletzungen bei Verkehrsunfällen (vgl. Abb. 12, S. 26). Der Kopf des Fahrers und Beifahrers wird durch den Anprall nach vorne geschleudert und schlägt zunächst an die Windschutzscheibe oder an das Autodach (vgl. Abb. 7). In größeren Fahrzeugen (größerer Sitzraum) kommen für den primären Kopfanprall auch Lenkrad und für den Beifahrer Armaturenbrett in Frage. Die im Fond sitzenden Fahrzeuginsassen schlagen mit dem Kopf auf die Rücklehnen der vorderen Sitzbänke, sofern sie nicht aus

ihren Sitzen herausgeschleudert werden und über die vorderen Sitze ebenfalls an die Windschutzscheibe fliegen (vgl. Fall 1). Verletzungen, die hieraus unmittelbar für den Kopf resultieren, sind in erster Linie Gehirnerschütterungen und Frakturen des Nasenbeins. Dann folgen Schädel- und Kieferfrakturen (vgl. Tabl.S.31). Die knöchernen Verletzungen des Gesichtsschädels machen von allen übrigen Frakturen im Bereich des gesamten Skeletts alleine 20 % aus! Die Glassplitter der zertrümmerten Windschutzscheibe verursachen in den meisten Fällen multiple Klein- und Kleinstschnittverletzungen des Gesichts und des Oberkörpers.

Verletzungen des Brustkorbes und der Brustorgane betreffen vorwiegend den Fahrzeugführer und entstehen dann ausschließlich durch Aufprall mit dem Brustkorb auf Lenkrad und -säule. Dabei kommt es meistens zu Rippenserienbrüchen, die in etwa 68 % linksseitig sind. Bei schweren Unfällen können mit den Rippenbrüchen Lungen- und Herzcontusion verbunden sein (vgl. Fall 1 und 2).

Bei 221 untersuchten Pkw-Unfällen wurde in 2 Fällen eine Ruptur der großen Körperschlagader beobachtet. Diese meist queren Einrisse der Aorta entstehen durch die großen Verzögerungskräfte beim Zusammenstoß (vgl. Abb.11). Sie schleudern Herz und absteigenden thoracalen Anteil der Aorta nach ventral in Richtung Brustbein. Es kommt zur "Hyperflexion des Aortenbogens und zur Biegungszerreißung an der Gefäßkonvexität über dem nicht kompressiblen flüssigen Gefäßinhalt". Untersuchungen von ZEHNDER (1960) haben gezeigt, daß die Zerreißtoleranz am Aortenbogen etwa

8,8 kg beträgt. Das entspricht nach seinen Untersuchungen einer Verzögerung von 77 g, wie sie beim schweren Auto-zusammenstoß durch Zugwirkung auf Herz und Aorta zustandekommt.

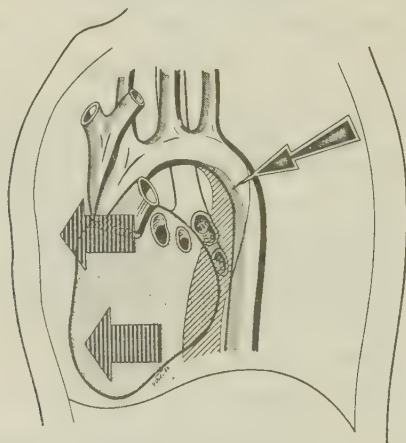


Abb. 11 Entstehungsmechanismus der Aortenruptur (Pfeil!)

Nachvorneschleudern der Brustaorta durch schlagartige Verzögerung beim Frontalzusammenstoß (in Anlehnung an ZEHNDER 1960).

Der Aufprall auf die Lenksäule verursacht jedoch nicht nur Verletzungen im Thoraxbereich, sondern ist gleichzeitig Ursache stumpfer Bauchtraumen. In 2 Fällen konnten Leber- und in 3 Fällen Milzruptur diagnostiziert werden.

Schleuderverletzungen der Wirbelsäule: Sie entstehen dadurch, daß der Kopf und der Oberkörper in der Anprallphase nach vorne und nach dem Stand des Fahrzeuges in den Sitz zurückgeschleudert werden. Es kommt zur Überstreckung der Hals-

und Lendenwirbelsäule nach Art einer Peitschenschwungbewegung (M. ARNAUD: Les blessés de la route 1961).

Häufigste Folge dieser Überstreckung können Bänderrisse des Halteapparates der Wirbelsäule sein, Stauchungsbrüche der Wirbelkörper mit Prolaps in den Rückenmarkskanal (Querschnittslähmungen danach als unmittelbare Folge kamen 2-mal zur Beobachtung) und Dornfortsatzabrisse. Frakturen der Wirbelsäule waren bei Pkw-Unfällen mit etwa 5 % aller Frakturen beteiligt.

Verletzungsmechanismus bei Motorradunfällen

Fall 1

Unfallhergang: Am 4.5.1960 überholte ein Motorradfahrer einen stehenden Pkw, der in diesem Augenblick die Wagentür öffnete, so daß er mit dem rechten Bein an die Wagentür prallte.

Verletzungsbefund:

1. 6 cm lange, bogenförmige Hautplatzwunde über dem rechten Knie, die bis auf die Kniescheibe reicht, mit Trümmerbruch der rechten Kniescheibe.
2. Unterschenkelfraktur rechts, etwa 8 cm über dem oberen Sprunggelenk.
3. Erbsgroße Knochenabsprengung aus der Vorderseite des Talus rechts.

Fall 2

Unfallhergang: Frontaler Zusammenstoß eines Motorradfahrers mit einem Pkw.

Verletzungsbefund:

1. Platzwunden am linken Scheitelbein und am linken Oberarm, Verletzungen der Zunge und des Nasenrückens, Berstungsfrakturen im Bereich des linken Scheitelbeines, die über den Scheitel auf die rechte Seite überwechseln. (Verletzungen der Sturzphase!)
2. Ausgedehntes Haematom über dem linken Knie.
3. Luxationsfraktur der linken Hüfte mit Ausprengung eines cranialen Pfannenfragmentes. (Die Verletzungen von Punkt 2 und 3 sind als typische Kombinationsverletzungen durch Knieanprall zu bezeichnen. Das Haematom des linken Knies entspricht der Lokalverletzung, die Luxationsfraktur der linken Hüfte entspricht der Fernverletzung).

Fall 3

Unfallhergang: Mit erhöhter Geschwindigkeit und bei starkem Regen wurde am 28.5.1962 ein Motorradfahrer aus der Kurve getragen, fuhr an einen Baum, stürzte und schleuderte an eine Hausecke der anderen Straßenseite.

Verletzungsbefund:

1. Klaffende Schädelfraktur von links temporal über die Stirn in die rechte Parietooccipitalgegend und in die Schädelbasis ausstrahlend. Schwerste Hirncontusion. Tiefes Coma mit enger Pupille rechts und maximal weiter Pupille links, Liquoraustritt aus dem rechten Ohr und Kussmaul'sche Atmung, Platzwunde über dem Nasenrücken.

2. Rippenserienfrakturen rechts.

3. Querfraktur der Kniescheibe rechts, Tibia-
und Knöchelfraktur rechts, Haematom über dem
linken Knie.

Da der Fahrer auf ein rechts von ihm liegendes Weghindernis fuhr, muß man annehmen, daß es sich bei den rechtsseitigen Verletzungen, wie Rippenfrakturen, Tibia- und Knöchelfraktur und Querfraktur der Kniescheibe, um primäre Anprallverletzungen handelt.

Die vorwiegend linksseitige Schädelfraktur und das Haematom über dem linken Knie sind sekundäre Verletzungsfolgen der Sturzphase. Bei dieser schweren Schädelverletzung liegt der Verdacht nahe, daß der Fahrer durch den primären Anprall am Weghindernis bereits das Bewußtsein verlor und anschließend ohne reflektorische Schutzhaltung mit dem Kopf auf die Fahrbahn beziehungsweise an die Hausecke prallte.

Auswertung

Dem Motorradfahrer fehlt die schützende Karosseriebarriere eines Pkw's, die einen großen Teil der Schubkraft vernichtet. Deformations- und Zertrümmerungsarbeit fehlen weitgehend. Er sitzt frei exponiert und fängt den größten Teil der Anprallwucht mit seinem Körper ab (vgl. Abb.12 , Schulter-, Hand-, Knie- und Fußregion). Bei ihm muß man neben den unmittelbaren Anprallverletzungen mit Sturzverletzungen rechnen (Anprallphase und Sturzphase, VOLLMAR 1957). Rund 60 % der Motorradunfälle mußten stationär behandelt werden, während

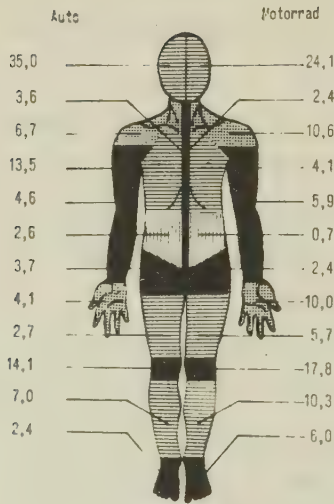


Abb. 12 Verletzungen bei 221 Pkw- und 472 Motorradunfällen, bei denen in über 70 % der Fälle der Unfallhergang bekannt war (Zahlen in Prozenten).

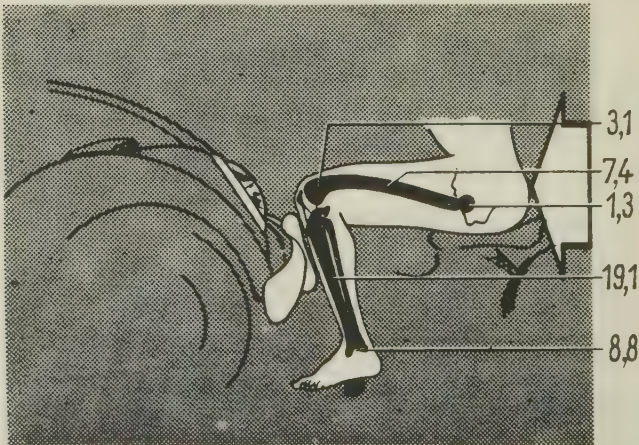


Abb. 13 Knochenbrüche in der Anprallphase bei Motorradfahrern (Zahlen in Prozenten).

von den Pkw-Unfällen nur knapp die Hälfte (48 %) stationärer Behandlung bedurften. Knieverletzungen in der Anprallphase (17,8 %) und Schädelverletzungen in der Sturzphase (24,1 %) dominieren eindeutig. Die Ursache des Knieanpralls liegt darin, daß der Motorradfahrer fast immer versucht, dem auftauchenden Hindernis noch auszuweichen. Beim Zusammenstoß schlägt er dann mit der Lenkstange, dem Knie und Unterschenkel beziehungsweise mit dem Fuß, vorwiegend linksseitig, auf Stoßstange, Kotflügel oder Scheinwerfer des entgegenkommenden Fahrzeuges auf (Abb. 13). In anderen Fällen wird er aus der Kurve getragen und prallt gegen Chausseebäume oder Begrenzungspfähle; dann resultieren häufig Verletzungen der rechten Körperhälfte.

Der Verletzungsmechanismus durch Knieanprall gleicht dem bei Autofahrern. Er führt jedoch zu schwereren lokalen Verletzungen, zum Beispiel zur Eröffnung des Kniegelenkes. Die Eröffnung des Kniegelenkes bei Motorradunfällen war rund 3-mal häufiger als bei Autounfällen (1,5 % : 0,5 %). Er verursacht weiterhin Trümmerbrüche der gesamten Knieregion und auch vollständige Abrisse des Unterschenkels, wie sie bei 472 Motorradunfällen 3-mal beobachtet werden konnten. Mit Eröffnungen des Kniegelenkes gehen häufig Verletzungen von Gefäßen und Nerven einher, so daß es nicht selten noch nachträglich zum Verlust der Gliedmaße kommt. Nach J.VOLLMAR und K.BENZ (1960) liegt die Amputationsrate der Gliedmaßen aller stationär behandelten Knieanprallverletzungen bei Motorradfahrern mehr als doppelt so hoch (9 %) wie bei Autofahrern (4 %). Oberschenkelfrakturen sind in 10 % mit Schenkelhalsfrakturen kombiniert (HEISE 1957).

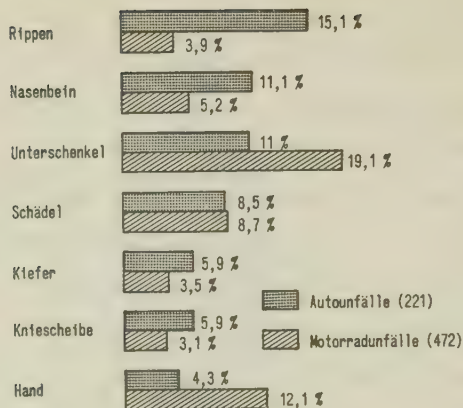


Abb.14 Gegenüberstellung der häufigsten Frakturen bei Auto- und Motorradunfällen.

Unsere Untersuchungen zeigten Patellarfrakturen durch Knieanprall bei Autofahrern fast doppelt so häufig wie bei Motorradfahrern (5,9 % : 3,1 %). Umgekehrt waren Frakturen des Tibiakopfes und Unterschenkelfrakturen bei Motorradfahrern fast doppelt so häufig (Auto 11,0 %, Motorrad 19,1 %). Das läßt sich bei Zusammenstößen mit Personenkraftwagen folgendermaßen erklären. Obwohl beim Motorradfahrer in der Regel in spitzwinkliger Haltung des Kniegelenkes Patella und Femurcondylen prominieren, ist der Schienbeinbereich mehr gefährdet, weil die üblichen Anprallflächen (Scheinwerfer, Stoßstange) sich nicht mehr in Höhe des Kniegelenkes selbst befinden, sondern durchschnittlich in Höhe der Tuberositas tibiae beziehungsweise in Höhe des oberen Tibiadrittels. Der Abstand Fahrbahn : Kniescheibe eines auf einem BMW-Motorrad sitzenden, 170 cm

großen Fahrers beträgt 75 cm. Der Abstand zwischen Fahrbahn und Scheinwerfer bei einem VW beträgt etwa 65 cm, oder bei einem Opel 70-80 cm. (Die Höhe der Stoßstange ist bei beiden Wagentypen etwa gleich und beträgt 40 cm).

Bei Autofahrern dagegen liegt das Armaturenbrett höher als das Kniegelenk. Der Femurschaft wird gleichsam mit dem daranhängenden, abgewinkelten Unterschenkel aus dem nach hinten abfallenden Sitz beim Zusammenstoß nach vorn oben an das Armaturenbrett "herauskatapultiert".

Bei den Motorradunfällen allerdings, die durch Auffahren auf Chausseebäume oder Straßenpfosten entstehen, sind Knie- scheiben- und Condylenbereich stärker gefährdet.

Häufige Verletzungen der Sturzphase: Die Sturzverletzungen sind sehr viel wahlloser und multipler. Nach dem Anprall am Weghindernis trennen sich Fahrer und Fahrzeug. Es erfolgt der Sturz auf die Fahrbahn. Verletzungen des Kopfes und der oberen Extremitäten dominieren (vgl. Abb.15). Was den Kopf anbelangt, sind die Sturzverletzungen wesentlich schwerer, sobald beim vorangegangenen Anprall bereits Gehirnerschütterung und Bewußtlosigkeit eingetreten sind und so der nachfolgende Aufschlag ohne reflektorische Schutzhaltung erfolgt ist (SCHMIDT 1961). In schweren Fällen sind Berstungsbrüche nicht selten (vgl. Fall 3). Die Kopfverletzungen insgesamt liegen bei Motorradfahrern um etwa 10 % niedriger als bei Autofahrern. Die Schädelfrakturen waren bei beiden Verkehrsteilnehmern etwa gleich häufig (8,5 und 8,7 %), während die knöchernen Verletzungen des

Gesichtsschädels bei Autofahrern fast 3-mal häufiger sind. Das läßt sich daraus erklären, daß beim Autofahrer die Bewegungsfreiheit des Kopfes sehr wesentlich durch Windschutzscheibe und Autodach eingeschränkt ist.

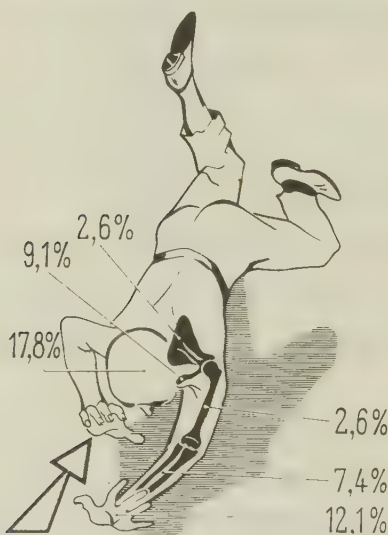


Abb. 15 Sturzphase: Verteilung der Frakturen auf Kopf und obere Extremität.

Auch die Verletzungen der oberen Extremität entstehen größtenteils in der Sturzphase. Ein Vergleich mit betreffenden Verletzungen bei Autofahrern läßt das deutlich werden. So sind zum Beispiel Frakturen der Handknochen bei Motorradfahrern etwa 3-mal häufiger (12,1 % : 4,3 %), die Schlüsselbeinfrakturen fast doppelt so häufig (9,1 % : 5,1 %) wie bei Autofahrern. Verletzungen der Schulterregion, wie zum Beispiel Schulterreckgelenksprengungen oder Schlüsselbeinfrakturen, können jedoch auch in der Anprallphase

entstehen. Das ist bei hohen Weghindernissen (zum Beispiel Verkehrsschilder oder Chausseebäume) der Fall. Die Oberarm- und die Schulterverletzungen sind dann vorwiegend rechtsseitig zu erwarten.

In der nachfolgenden abschließenden Tabelle sind noch einmal die Verletzungen und Frakturen der untersuchten Auto- und Motorradunfälle zusammengefaßt und gegenübergestellt (Zahlen in Prozenten).

	Auto	Motorrad
Weichteilverletzungen	51,1	52,8
Organverletzungen	2,6	0,4
Gehirnerschütterung	14,3	12,0
Knochenbrüche:	30,0	30,0
Schädel	8,5	8,7
Nasenbein	11,1	5,2
Jochbein	3,4	0,4
Kiefer	5,9	3,5
Zähne	3,4	2,2
Rippen	15,1	3,9
Schulterblatt	2,5	2,6
Schlüsselbein	5,1	9,1
Oberarm	1,7	2,6
Unterarm	5,1	7,4
Hand	4,3	12,1
Becken	4,3	1,3
Oberschenkel	5,1	7,4
Kniescheibe	5,9	3,1
Unterschenkel	11,0	19,1
Knöchel	1,7	4,4
Fußknochen	0,8	4,4
Wirbelsäule	5,1	2,6
Bänderschäden und Verrenkungen	2,0	4,8

Zusammenfassung

1. Die kinetische Energie von Fahrzeug und Insassen wird beim Verkehrsunfall innerhalb von Sekundenbruchteilen auf Null reduziert. Aufgrund der Trägheit von Fahrzeug und Insassen entstehen sogenannte Verzögerungskräfte, die mehrere Tonnen betragen können, wie dies aus einem näher untersuchten tödlichen Pkw-Unfall deutlich wurde.
2. Zur Analyse des Entstehungsmechanismus bei Verkehrsunfällen wurden im Zeitraum von 1957 bis einschließlich 1962 221 Auto- und 472 Motorradunfälle nach Unfallhergang, Häufigkeit, Art und Lokalisation der Verletzungen untersucht.
3. In ihrem Entstehungsmechanismus als gleichartig und typisch zu bezeichnen, sind die Anprallverletzungen von Kopf, Thoraxwand und Knie beim Autofahrer. Beim Anprall der Knie an das Armaturenbrett kommt es oft neben Lokalverletzungen wie Kniescheibenbrüche und Brüche des Schienbeinkopfes durch Übertragung der Anprallwucht auf Oberschenkel und Hüftgelenk zu Fernverletzungen. Das können zum Beispiel Oberschenkel-schaftbrüche oder Verrenkungsbrüche des Hüftgelenkes sein. Der Anprall des Kopfes an Windschutzscheibe, Autodach oder Lenkrad hatte bei jedem siebten verunglückten Autofahrer Gehirnerschütterung zur Folge. Jeder neunte hatte sich durch diesen Anprallmechanismus das Nasenbein gebrochen. Der Anprall an Lenkrad und Lenksäule verursacht Verletzungen des Thorax. Prellungen konnten praktisch bei jedem Unfall beobachtet werden. Rippenserienbrüche machten 15 % aller Frakturen aus. Bei schwereren Unfällen kam es außerdem zu Lungen- oder Herzcontusionen.

Die Verletzungen der Wirbelsäule wie Bänderschäden und Stauchungsbrüche der Wirbelkörper entstehen durch Schleudereffekten von Kopf und Oberkörper gegen die meist eingeklemmten unteren Körperpartien.

4. Bei Motorradunfällen folgt auf die Anprallphase in den meisten Fällen eine Sturzphase. Die Knieanprallverletzungen entstehen durch Auffahren auf seitliche Weghinderrisse oder auf entgegenkommende Fahrzeuge. Sie sind wesentlich schwerer, da die schützende Karosseriebarriere, wie sie der Autofahrer besitzt, fehlt. Kniegelenkeröffnungen bei Motorradunfällen sind daher etwa 3-mal häufiger. Für die Lokalisation der Verletzungen der Knieregion sind Abwinklung im Kniegelenk und Anprallhöhe von großer Bedeutung. Bei Motorradunfällen sind aufgrund dieser besonderen Haltung Frakturen des Tibiakopfes und des Unterschenkels doppelt so häufig wie bei Autounfällen; bei Frakturen der Patella verhält es sich genau umgekehrt.

Verletzungen des Kopfes und der oberen Extremitäten entstehen hauptsächlich in der Sturzphase. Ihr Verletzungsmechanismus kann sehr verschieden und vielseitig sein. Über die Hälfte aller Verletzungen beim Motorradunfall entstehen in dieser Phase.

5. Eine zusammenfassende Gegenüberstellung von Auto- und Motorradunfällen zeigt Häufigkeit und charakteristische Lokalisation und läßt den unterschiedlichen Verletzungsmechanismus bei beiden Verkehrsteilnehmern deutlich werden. Für den Autofahrer sind dies in erster Linie Rippen-, Nasenbein- und Unterschenkelfrakturen sowie Verletzungen innerer Organe. Für den Motorradfahrer dagegen sind Unterschenkel-, Handknochen-, Fußknochen- und Schlüsselbeinfrakturen sowie Bänderschäden und Verrenkungen der Extremitäten charakteristisch.

II. Teil

Möglicher Unfallschutz durch geeignete Autosicherheitsgurte

Einführung

Aufgabe des Sicherheitsgurtes soll es sein, die Insassen des Autos auf ihren Sitzen so festzuhalten, daß sie bei Zusammenstößen oder bei anderen plötzlich eintretenden Situationen, die eine Abbremsung des Fahrzeuges oder eine plötzliche Fahrtrichtungsänderung erzwingen, nicht nach vorne geschleudert werden, sondern an der Abbremsung des Wagens teilnehmen. Die Fahrzeuginsassen sollen weder an die Karosserieteile geworfen, noch aus dem Wagen hinausgeschleudert werden.

Schweden benutzte als erstes Land Europas seit etwa 1955 Sicherheitsgurte im Straßenverkehr. Vorbild für die Pkw-Sicherheitsgurte waren Gurte, die in Verkehrsflugzeugen eingebaut sind und die jeder Fluggast zu mindest bei Start und Landung anlegen muß. Schon 1958 statteten z.B. die Volvo-Autowerke in Schweden ihre Wagen serienmäßig mit Sicherheitsgurten aus. Dazu kamen Sicherheitsgurte zum nachträglichen Einbau für die meisten Wagentypen. Innerhalb von 2 Jahren, nämlich von 1958 bis 1960, stieg die Anwendung von Sicherheitsgurten in Schweden von 7 auf 51 % an.

Inzwischen hat der Sicherheitsgurt nicht nur in Schweden seinen Siegeszug angetreten, sondern auch in vielen Ländern Europas. In der Bundesrepublik waren Ende 1963 etwa 100 000 Pkw's mit Sicherheitsgurten ausgerüstet, in den USA ungefähr 3 Millionen Wagen.

Grundsätzlich soll der Sicherheitsgurt den Fahrer beim Führen seines Fahrzeuges nicht behindern. Der Gurt muß leicht zu öffnen, der Verschuß muß mühelos zu handhaben sein, so daß er im Notfall auch von außen durch eine Hilfsperson geöffnet werden kann, zum Beispiel im Fall der Gefahr des Ertrinkens oder Verbrennens bewußtlos gewordener Autoinsassen.

Der Sicherheitsgurt muß je nach Körpergröße und bequemer Sitzposition leicht zu verstellen sein. Die Befestigungen im Inneren des Wagens müssen aus rostfreiem Material sein, so daß sie nicht verrotten und im Ernstfall ausreißen können. Die Kosten für Anschaffung und Montage des Gurtes sollten trotz bester Ausführung niedrig gehalten werden. Gurtmaterial, Befestigung der Gurtenden im Wageninneren und Ausführungsart müssen eine ausreichende Sicherheitswirkung garantieren (HAESNER 1962).

Die Schubkraft des Insassen, die sich bei den meisten Unfällen beim Frontalaufprall auf 2 500 bis 3 500 kg beläuft, muß durch den Sicherheitsgurt abgefangen werden. Der Mensch fliegt mit dem 50-fachen seines Eigengewichts bei einem Frontalaufprall gegen die Windschutzscheibe oder das Armaturenbrett (vgl. Kraftdiagramm, KLIPPAN, Hamburg). Dabei soll der Verlauf des Sicherheitsgurtes eine möglichst große Körperoberfläche erfassen. Lediglich mit dem Becken und mit dem Brustkorb ist der Körper in der Lage, solche Schubkräfte für kurze Zeit ohne bleibende Schäden abzufangen.

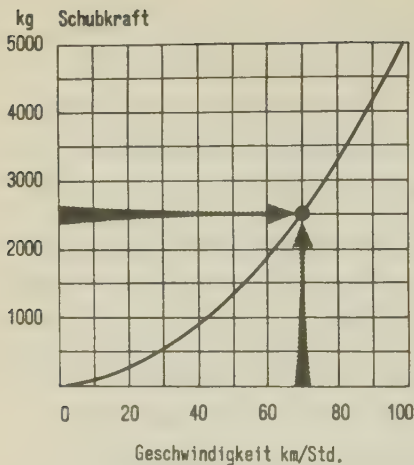


Abb. 16 Kraftdiagramm:
Schubkraft eines Auto-
insassen beim direkten
Aufprall des Wagens ge-
gen einen festen Gegenstand
bei verschiedenen Geschwin-
digkeiten.

Die Abbremsung muß im Schwerpunkt des Körpers und in Sitz-
stellung erfolgen. Die Gurte sollen nicht zweimal am Boden
des Wagens befestigt sein und nicht über die Sitzlehne lau-
fen, damit im Ernstfall der Körper nicht durch die auf-
tretenden Schubkräfte vertikal zusammengepreßt wird und
durch den Gurt Halsplexus- und Gefäßschädigung die Folge
sein können. Das Gurtmaterial soll dehnbar sein und soll sich
nach der Belastung nicht vollständig wieder auf die ur-
sprüngliche Länge zusammenziehen, sondern in einem bestimm-
ten Dehnungszustand verbleiben. Der so dehnbare Gurt ver-
längert damit den Bremsweg beziehungsweise verkleinert die
Verzögerungskräfte, ohne daß der Körper nach Stillstand des
Wagens mit Wucht in den Sitz zurückfällt. Der Gurt wird
durch diese Eigenschaft allerdings nach solchen Unfällen
unbrauchbar.

In Deutschland werden neuerdings in erhöhtem Maße Sicher-
heitsgurte verschiedener Ausführung und Qualität angeboten.

Autosicherheitsgurte können jedoch nicht von jedermann auf den Markt gebracht werden, sie bedürfen dazu einer Bauartgenehmigung, die das Kraftfahrzeug-Bundesamt in Flensburg erteilt. Diese wird nur dann erteilt, wenn der Gurt die vorgeschriebenen Prüfwerte, die von der staatlichen Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule in Stuttgart ermittelt werden, erfüllt. Die Richtlinien sind unter der Nummer 376 im Verkehrsblatt des Bundesministers für Verkehr, 14. Jahrgang, Heft 23, 1960, enthalten.

Folgende Gurtarten werden in Deutschland zugelassen:

- a) Leibgurt
- b) Schulterschräggurt
- c) Schulterdoppelgurt
- d) Kombination von Schulterschräggurt mit Leibgurt
- e) Kombination von Schulterdoppelgurt mit Leibgurt.

Abb. 17 a



Abb. 17 b



Abb. 17 c



Abb. 17 d



Abb. 17 a Leibgurt

Abb. 17 b Schulterschräggurt

Abb. 17 c Kombination von Schulterschräggurt mit Leibgurt

Abb. 17 d Kombination von Schulterdoppelgurt mit Leibgurt.

Beurteilung einzelner Gurtarten

Der Beurteilung dieser amtlich zugelassenen Ausführungsarten von Sicherheitsgurten sollen die Versuche des Batelle-Instituts in Frankfurt mit Versuchspuppe und Schleudersitz und die bisherigen Erfolge mit Sicherheitsgurten zugrunde gelegt werden.

Beim Leibgurt (Beckengurt, zunächst auch als Brust- und Bauchgurt eingebaut, jetzt nur noch als Beckengurt benutzt) ist die Bewegungsfreiheit des Insassen im Vergleich zu allen anderen Gurtarten am wenigsten eingeschränkt. Die Abb. 18 zeigt aber deutlich, daß durch die große Vorwärtsverlagerung des Oberkörpers beim Anprall (Klappmesser-Effekt) diese Gurtart allenfalls für die Hintersitze geeignet ist. Aber auch hier muß man bei schweren Unfällen mit dem Aufschlagen des Kopfes auf die Rückenlehne des Vordermannes in kleinen Wagen oder mit dem Aufschlagen des Kopfes auf die eigenen Knie rechnen.



Abb. 18 Bewegungsablauf eines mit Leibgurt gesicherten Autoinsassen beim Zusammenstoß.

Außerdem wird der Körper beim Rückprall, nachdem er vorher in den Stiz hineingedrückt wurde, stark nach oben geschleudert. Dabei können Knie und Gesäß bei nicht sehr fest angeschnalltem Gurt zusätzlich nach vorne rutschen. Durch das plötzliche Zusammenklappen des Körpers sind die Verzögerungskräfte beziehungsweise Schubkräfte auf den Gurt wesentlich höher, als bei den anderen Gurtarten. Erfährt beim Beckengurt der Oberkörper eine starke Vorwärtsverlagerung, so trifft dies für die untere Körperpartie beim Schulterschräggurt zu, zumal der Gurt oberhalb des Schwerpunktes des menschlichen Körpers angreift. Knieanprallverletzungen durch Armaturenbrett, Lenksäulenverkleidung und Zündschloß oder auch durch den Griff der Handbremse können hier die Folge sein (vgl. Abb. 19). Trotzdem findet der Schulterschräggurt den größten Anklang und wird am meisten gekauft, was wohl nicht zuletzt an seiner einfachen Handhabung, seiner Bequemlichkeit und an den niedrigeren Anschaffungskosten liegen dürfte.



Abb. 19 a-c Bewegungsablauf eines mit Schulterschräggurt gesicherten Autoinsassen beim Zusammenstoß.

Der Schulterdoppelgurt (auch Hosenträgergurt genannt) hat folgende Nachteile: Er schränkt die Bewegungsfreiheit der

Autoinsassen in starkem Maße ein, Handbremse und Hand-
-bremshebel sind schlecht erreichbar, bei großen Lenkrad-
ausschlägen und beim Zurücksetzen wird der Fahrer be-
hindert. Weiterhin wird durch die Unbeweglichkeit des
Oberkörpers gegenüber der Rückenlehne der Blick durchs
Rückfenster äußerst unbequem, wenn nicht gar unmöglich.
Durch die starre Haltung des Oberkörpers kann es außer-
dem beim Zusammenstoß zum Genickbruch kommen (HAESNER
1962). Bei der Untersuchung mit dem Schulterdoppelgurt plus
Leibgurt kam das Batelle-Institut zu den Ergebnissen, daß
der Kopf nur mit halber Aufprallgeschwindigkeit zurück-
geschlagen wird, daß die Verlagerung des gesamten Körpers
jedoch größer ist als bei dem einfachen Schulterschräggurt.
Die Schultergurte können den Leibgurt nach oben ziehen, so
daß die untere Körperhälfte nach vorne rutscht und damit
die Voraussetzung zum Knieanprall gegeben ist.

Der kombinierte Leib-Schultergurt läßt nur geringe Knie-
verlagerungen zu. Sie sind wesentlich geringer als bei
Schulterschräggurten. Allerdings zieht auch bei dieser
Gurtkombination der Schultergurt den Leibgurt beim Vor-
wärtsdrängen des Körpers etwas nach oben, so daß die Mög-
lichkeit des Nachvorneutschens der unteren Körperpartie
wiederum gegeben ist. Der hochgerutschte Leibgurt, der dem
knöchernen Becken nun nicht mehr fest aufliegt, kann dann
zu Rippenfrakturen und zu Organverletzungen des Bauches
führen. Diese Möglichkeit könnte man ausschließen, indem
man das rechte Ende des Beckengurtes am Kardantunnel nicht
durch die Befestigungsvorrichtung des Schräggurtes laufen
läßt, sondern ihn hier vom Schräggurt getrennt fixiert.

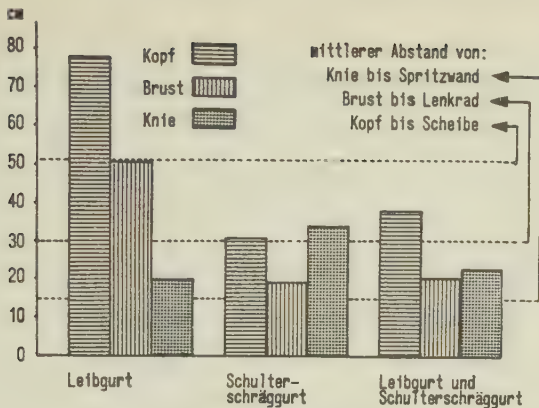


Abb. 20 Vorwärtsverlagerung der Versuchspuppe bei 3 Gurtarten und mittlerer kritischer Abstand am Fahrersitz in deutschen Personenkraftwagen (nach Untersuchung des Batelle-Instituts Frankfurt). Bei hoher Geschwindigkeit, zum Beispiel bei 80 km/h, würde, wie aus der Abbildung zu ersehen ist, keiner von den untersuchten Sicherheitsgurtarten einen ausreichenden Schutz für Knieanprallverletzungen geben. Um das zu verhindern, ist eine Vergrößerung des Knieraumes im Fahrzeug unumgänglich.

Durch das Tragen von Sicherheitsgurten bedingt, wird in zunehmendem Maße mit Schleuderverletzungen im Bereich der Halswirbelsäule zu rechnen sein. Die beim Unfall auftretenden Schubkräfte werden durch den dehnbaren Sicherheitsgurt abgebremst, der Kopf aber fliegt in jedem Fall mit voller Wucht nach vorne. Eine ruckartige Beugung der Halswirbelsäule ist die Folge. Durch das Abstützen des Kinns auf der Brust wird die Halswirbelsäule hier vorwiegend

auf Zug beansprucht, wobei Zerrungen des Halteapparates der Halswirbelsäule, Gleitverletzungen und auch Kompressionsfrakturen entstehen können. Kommt es zum Stillstand des Fahrzeuges, schnellt der Kopf zurück in den Nacken. Da hier die Abstützmöglichkeit und der gewaltige Halteapparat der Nackenmuskulatur fehlen, ist die Verletzungsmöglichkeit im oberen Teil der Wirbelsäule in dieser Phase noch größer.

Erfahrungen mit dem Schulterschräggurt

Unfallstatistik der Firma KLIPPAN

Bekanntlich werden bei Unfällen getragene Sicherheitsgurte aus Polyester (TREVIRA) durch die Wucht des Anpralls ausgedehnt und dadurch unbrauchbar. Die KLIPPAN GMBH tauscht deshalb ausgedehnte KLIPPAN-Gurte kostenlos gegen neue Gurte um, wenn ein ausführlicher Unfallbericht vorgelegt wird. Aus der mit diesem Material zu belegenden Statistik für das Jahr 1962 sind die folgenden Zahlen entnommen.

Zahl der erfaßten Unfälle: 344

Zahl der an diesen Unfällen beteiligten Insassen: 525

Davon hatten 514 Personen den Gurt angeschnallt, 10 Personen ließen den Gurt unbenutzt und eine Person auf dem Rücksitz hatte keinen Gurt.

Getragen wurden 2-Punkt-Gurte (Diagonal-Schultergurte).

Von der Statistik im einzelnen erfaßte Ergebnisse:

1. Geschwindigkeit im Augenblick des Unfalls
2. Unfallart
3. Durch den Unfall verursachter Personenschaden

Mehr als 20 % der Unfälle ereigneten sich bei 100 und mehr Stundenkilometern.

108 Unfälle (31,4 %) wurden durch frontale Kollision verursacht. Bei 89 Unfällen (17,15 %) kam es außerdem während des Unfallverlaufes zu ein- oder mehrmaligem Überschlagen des Wagens. 45 Prozent der Fahrzeuge erlitt Totalschaden.

Durch den Unfall verursachter (und überwiegend durch die Sicherheitsgurte verhüteter) Personenschaden:

a) keine Verletzungen	363 Personen
b) leichte Prellungen oder Hautabschürfungen, die keine ärztliche Konsultation erforderten:	118 Personen
	481 Personen (93,6 %)
c) mittlere Verletzungen (ambulante Behandlung erforderlich):	23 Personen (4,46 %)
d) schwere Verletzungen (stationäre Behandlung erforderlich):	10 Personen (1,94 %)
	514 Personen (100 %)

Die nicht durch Gurte gesicherten Fahrzeuginsassen erlitten ausnahmslos Verletzungen, die in einem Fall tödlich waren.

Folgender Unfall aus eigener Beobachtung soll hinzugefügt werden. Im April 1962 ereignete sich ein schwerer Frontalzusammenstoß zweier Personenkraftwagen. Ein mit 3 Personen besetzter Personenkraftwagen, Typ "Arabella", überholte in einer lang ausgezogenen Rechtskurve mit Leitplanken auf beiden Seiten einen Lastzug und prallte mit dem ihm

entgegenkommenden Volkswagen frontal zusammen. Die Fahrzeuge fuhren beide 80 km/h. Bremsspuren konnten in keinem Fall festgestellt werden. Der Fahrer des Volkswagen (ohne Mitfahrer) war mit Schulterschräggurt gesichert, im anderen Wagen war keine Person mit Sicherheitsgurt ausgerüstet. Die Beifahrerin (rechter Frontsitz) rutschte bei dem Zusammenstoß durch den aufgerissenen Wagenboden unter den Motor auf die Straße und war auf der Stelle tot. Ein zweiter Beifahrer (rechter Rücksitz) flog durch den Aufprall an die Windschutzscheibe und dann durch die aufgeschlagene Tür auf die Straße. Er war ebenfalls sofort tot. Der Fahrer des Wagens erlitt schwere Verletzungen, darunter durch das Aufschlagen auf Lenkrad und Lenksäule schwere Weichteilwunden im Bereich des Thorax und Kopfes mit Rippenserienfrakturen und rechtsseitiger Lungenquetschung sowie große Weichteilwunde im Gesicht mit Commotio cerebri.

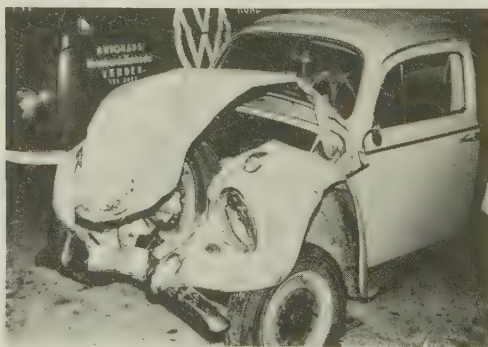


Abb. 21 Wagen des mit Gurt gesicherten Fahrers (Verletzungen: Rißquetschwunde über der Stirn, Knöchelluxationsfraktur links).

Der Fahrer des Volkswagens, der, wie schon erwähnt, angeschnallt war, erlitt außer einer Rißwunde über der rechten Stirn, einer leichten Gehirnerschütterung und einer Luxationsfraktur des linken Knöchelgelenkes keine weiteren Verletzungen.

Es ist bemerkenswert, daß bei vielen Autounfällen der vorne sitzende Beifahrer durch die aufgeschlagene Tür aus dem Wagen geschleudert wird und der hinter dem Beifahrer sitzende Insasse in diesen Fällen über dessen Sitz an die Windschutzscheibe fliegt (vgl. auch Unfall 1, Teil I). Es ist deshalb ratsam, daß nicht angeschnallte Mitfahrer möglichst hinter dem Fahrzeuglenker sitzen, so daß sie im Ernstfall weder an die Windschutzscheibe beziehungsweise Armaturenbrett prallen, noch aus dem Wagen geschleudert werden können.

Zusammenfassung

1. Von entscheidender Bedeutung für eine gute Schutzwirkung des Sicherheitsgurtes ist das Textilmaterial, aus dem das Gurtband hergestellt ist. Nach den heutigen Erkenntnissen hat der Werkstoff Polyester die Eigenschaften, die den Anforderungen an das Gurtband am nächsten kommen.
2. Den besten Schutz gewährt der kombinierte Leib-Schulter-schräggurt, in Fachkreisen als 3-Punkt-Gurt bezeichnet, da er an 3 Punkten des Fahrzeuges befestigt ist.
3. Der Schulter-schräggurt (2-Punkt-Gurt, in Schweden auch als "Ordensband" bezeichnet) ist heute der meistgekaufte Sicherheitsgurt. Sein Nachteil ist, daß bei schweren Kollisionen der Oberkörper nach unten durchrutschen kann, so daß die untere Körperpartie nach vorne verlagert wird. Sein Vorteil ist größere Bequemlichkeit und Freiheit, die er dem Autoinsassen gewährt.
4. Festzustellen ist, daß Fußstauungs- und Knieanprallverletzungen trotz Gurt bei Frontalzusammenstößen mit hoher Geschwindigkeit nicht zu verhindern sind. Die auftretenden Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule wird man wahrscheinlich nur durch noch bessere Gurtkonstruktion herabsetzen können, um eine größtmögliche Anpassung des menschlichen Organismus an die Verzögerung des Fahrzeuges zu erreichen.
5. Mit zunehmender Popularität der Sicherheitsgurte wird ohne Zweifel die Zahl der schweren und tödlichen Verletzungen bei Autounfällen zurückgehen. Ob man durch verbesserte Sicherheitsgurte die Verletzungen weiterhin herabdrücken kann, bleibt abzuwarten.

Literaturverzeichnis

- Bauer, K.H.: Monatskurse für ärztliche Fortbildung 1958
230-239.
- Böhler, J.: Technik der Knochenbruchbehandlung, Wien und
Bonn, Wilh. Maudrich (1954).
- - - - Häufig übersehene Frakturen bei Verkehrsunfällen.
Medizinische 4, 144-148 (1956).
- Breton, M. und A. Blondeau: Une variété de luxation de la
hanche avec fracture du sourcil cotyloïden,
observée après certains accidents d'automobile.
J.Radiol. Electrol. 11, 430-434 (1927).
- Büttner, G.: Die Verletzung von Autoinsassen - Ihre Verur-
sachung und Verhütung. Berichte des Wirtschafts-
und Verkehrsministeriums des Landes Nordrhein-
Westfalen Nr. 679.
- Friedhoff, E.: Die Armaturenbrettverletzungen des Autoin-
sassen. Zbl. Verkehrs-Med. 5, 201-210 (1959).
- Gögler, E.: Sicherheitsgurte für Kraftfahrer aus unfall-
chirurgischer Sicht. Zbl. f. Verkehrs-Med. 4,
197-206 (1962).
- Gross, W.: Die direkte Luxationsfraktur nach hinten, eine
typische Autofahrerverletzung. Ref. in: Zbl.
Chir. 44, 2612 (1933).

- Hackethal, K.H.: Die Erstversorgung der Verletzten am Unfallort. Medizinische (Unfallchir.) 8, 283-286 (1963).
- Haesner, A.: Sicherheitsgurte für Kraftfahrer aus kraftfahrzeugtechnischer Sicht. Zbl.f.Verkehrs-Med. 4, 206-211 (1962).
- Heise, E.: Der kombinierte Hals- Schaft-Bruch des Oberschenkels bei Motorradfahrern. Mschr. f. Unfallheilk. 61, 177-179 (1958).
- Klippan - GmbH - Hamburg: Informationen Ergebnisse der Klippan-Unfall-Statistik 1962.
- Reiner, H.: Der Kraftfahrzeugunfall und der mögliche Schutz vor dessen Folgen. Diss. Farbwerke Hoechst AG., Frankfurt/M. - Hoechst (1962).
- Ritchey, S.J., G.J. Schonholtz and M.S. Thompson: The dashboard femoral fracture. J. Bone Jt. Surg. 40 A, 1347-1358 (1958).
- Schmidt, G.: Unfallmechanismus bei Kopf-an-Kopf-Zusammenstößen im Straßenverkehr. H.z. Unfallheilk. 71, 170-174 (1962).
- Vollmar, J.: Die typischen Verletzungen des Auto- und Motorradunfalls. Ref. in: Zentralorg. f. Chir. 288 (1957).
- - - - und K. Benz: Der Knieanprall und seine Verletzungen bei Auto- und Motorradfahrern. Arch. f. Orthop. u. Unfallchir. 52, 438-459 (1960).

Willich, J.H., H. Hontschick, H. Küsters:

Untersuchungen von Kraftfahrzeug-Sicherheitsgurten mit einer Versuchspuppe und einem Schleudersitz. Dtsche Kraftfahrtforsch. und Straßenverkehrstechnik 158 (1962).

Zehnder, M.A.: Unfallmechanismus und Unfallmechanik der Aortenruptur im geschlossenen Thoraxtrauma. Thoraxchir. 8, 47-65 (1960).

Zum Schluß meiner Arbeit möchte ich meinem hochverehrten
Lehrer, Herrn Professor Dr. G. H e g e m a n n , für die
Überlassung des Themas und Herrn Oberarzt Dr. H. B e c k ,
für die freundliche Unterstützung meinen ergebensten Dank
aussprechen.

Lebenslauf

Ich, Peter Maaß, wurde am 7. November 1939 als Sohn des
Textilkaufmanns Eberhard Maaß und seiner Ehefrau Marianne,
geb. Löhmann, in Burg Stargard (Mecklenburg) geboren. Von
1946 bis 1954 besuchte ich die Grundschule zu Burg Stargard.
Nach bestandener Abschlußprüfung wurde ich im Herbst 1954
Schüler der Friedrich-Engels-Oberschule in Neubrandenburg.
Dort legte ich am 5.6.1958 die Reifeprüfung mit Erfolg ab.

Als man meine Bewerbung um einen Studienplatz aufgrund meiner
gesellschaftspolitischen Einstellung zum "Arbeiter- und
Bauernstaat" abgelehnt hatte und man mich zwingen wollte,
in die Nationale Volksarmee einzutreten, zog ich es vor, die
SBZ zu verlassen. Ich flüchtete am 11.8.1958 nach West-Berlin
und erhielt am 25.8.1958 eine Aufenthaltsgenehmigung für das
Bundesgebiet. Von Oktober 1958 bis März 1959 nahm ich an einem
Ergänzungslehrgang für SBZ-Abiturienten in Adelheide bei
Delmenhorst teil. Mein Reifezeugnis wurde dort am 23.3.1959
anerkannt, so daß ich am 4.5.1959 das Studium der Medizin
aufnehmen konnte. Ich studierte in Freiburg, Marburg und
Erlangen. Am 18. Februar 1965 bestand ich in Erlangen das
Staatsexamen.

Erlangen, im Februar 1965

Peter Maaß



Buchdruck und Fotodruck : Ludwig Müller, Erlangen, Fahrstraße 5